

PERBAIKAN KUALITAS KEKUATAN TARIK PRODUK BALING-BALING KAPAL KUNINGAN PADA INDUSTRI KECIL PENGECORAN LOGAM NEGARA KALIMANTAN SELATAN

Muhammad Hasbi ⁽¹⁾ M.Syafwansyah Effendi ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Industri kecil yang punya prospek cerah dan turut mewarnai pertumbuhan perekonomian masyarakat Hulu Sungai Selatan adalah pandai besi, kipas kapal, dan kerajinan imitasi. Berbagai jenis hasil industri itu banyak ditemui di Kecamatan Daha Selatan dan Daha Utara, mulai dari kerajinan barang perhiasan imitasi sampai cor logam/aluminium dan kuningan. Yang terkenal dari daerah ini adalah industri cor logam yang berasal dari daur ulang bangkai pesawat terbang, maupun barang-barang bekas lainnya, seperti velg sepeda motor, blok mesin kendaraan dll. Sentra produk pengrajin baling-baling kapal ini terdapat di desa penggandingan dengan jumlah unit usaha sebanyak 42 unit dan kapasitas produksinya sekitar 68.800 unit pertahun. Khususnya di Negara, produk yang dihasilkan antara lain baling-baling kelotok (perahu motor), Namun, semua hasil industri kecil itu terbatas untuk memenuhi pasar daerah setempat. Pemasaran ke luar kabupaten pun baru sebatas ke Kalimantan, Sulawesi, dan Jawa Timur

Seperti diketahui, bahwa sifat mekanis dari hasil coran baik aluminium maupun kuningan tidak hanya dipengaruhi oleh temperatur tuang saja, dimana waktu penuangan, temperatur cetakan dan lain sebagainya juga akan berpengaruh terhadap peningkatan kualitas mekanis baik kekuatan puntir, tarik atau kekerasan

Metode penelitian menggunakan metode Taguchi dengan pemilihan Orthogonal Array berdasarkan pengamatan yang diambil melalui pemilihan faktor kualitas dan level yang sering mempengaruhi kekuatan tarik, maka Orthogonal Array yang dipakai adalah : $L_9(3^4)$

Hasil penelitian yang di dapat adalah kekuatan tarik tertinggi terjadi pada Temperatur peleburan : 970 °C , Temperatur cetakannya 348 °C , Menggunakan bahan tambah timah seng 10% dan Jenis Cetakannya adalah kuningan (permanen).

Kata Kunci : Baling-baling, Kekuatan Tarik, Kuningan Taguchi

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Industri kecil yang punya prospek cerah dan turut mewarnai pertumbuhan perekonomian masyarakat Hulu Sungai Selatan adalah pandai besi, kipas kapal, dan kerajinan imitasi. Berbagai jenis hasil industri itu banyak ditemui di Kecamatan Daha Selatan dan Daha Utara, mulai dari kerajinan barang perhiasan imitasi sampai cor logam/aluminium dan kuningan. Yang terkenal dari daerah ini adalah industri cor logam yang berasal dari daur ulang bangkai pesawat terbang, maupun barang-barang bekas lainnya, seperti velg sepeda motor, blok mesin kendaraan dll. Sentra produk pengrajin baling-baling kapal ini terdapat di desa penggandingan dengan jumlah unit usaha sebanyak 42 unit dan kapasitas produksinya sekitar 68.800 unit pertahun. Khususnya di

Negara, produk yang dihasilkan antara lain baling-baling kelotok (perahu motor), peralatan pertanian, peralatan dapur, dan berbagai bentuk cinderamata dari logam. Namun, semua hasil industri kecil itu terbatas untuk memenuhi pasar daerah setempat. Pemasaran ke luar kabupaten pun baru sebatas ke Kalimantan, Sulawesi, dan Jawa Timur

Seperti diketahui, bahwa sifat mekanis dari hasil coran baik aluminium maupun kuningan tidak hanya dipengaruhi oleh temperatur tuang saja, dimana waktu penuangan, temperatur cetakan dan lain sebagainya juga akan berpengaruh terhadap peningkatan kualitas mekanis baik kekuatan puntir, tarik atau kekerasan.

Sehingga cukup menarik untuk mengkaji lebih dalam serta mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh untuk meningkatkan secara maksimal kualitas baling-baling kapal

aluminium dan kuningan ini sesuai dengan kondisi nyata dari industri kecil yang sedang berjalan dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada peningkatan kualitas baling-baling dan mencari kombinasi yang tepat dari faktor-faktor tersebut untuk peningkatan kualitas tersebut

Para ahli kualitas memberikan definisi kualitas sangat beraneka ragam antara lain: kualitas adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan itu, kualitas dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk pemilihan proses pembuatan, latihan dan pengawasan angkatan kerja, jenis sistem jaminan kualitas (pengendalian proses, uji, aktifitas pemeriksaan dan sebagainya) yang digunakan seberapa jauh prosedur jaminan kualitas ini diikuti dan motivasi kerja untuk mencapai kualitas

Produk baling-baling kapal aluminium dan kuningan merupakan produk utama industri kecil pengecoran di Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan Kalimantan Selatan. Bahan pembuatan baling-baling disini adalah aluminium bekas dan kuningan, melalui proses pengecoran. Pangguna produk ini adalah angkutan-angkutan sungai yang banyak tersebar di Kalimantan Selatan khususnya maupun dan juga daerah-daerah lainnya di Indonesia.

Metode proses produksi baling-baling kapal di industri kecil pengecoran Negara merupakan pekerjaan turun-temurun dan sudah menghasilkan kualitas produk beragam terutama untuk kualitas mekanik berupa kekuatan tarik, kekuatan mulur, perpanjangan dan kekerasan permukaannya. Kualitas ini akan bisa diperbaiki/ditingkatkan maksimum dengan melakukan identifikasi faktor-faktor utama maupun kombinasinya yang sangat berpengaruh untuk peningkatan kualitas produk baling-baling kapal ini. Hal ini sangat menarik peneliti untuk melakukan riset perbaikan kualitas produksi ini dengan menerapkan suatu metode yaitu metode *Taguchi*.

Perumusan Masalah

1. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk propeler (baling-baling) kapal berbahan kuningan.
2. Bagaimana menentukan kombinasi faktor sehingga menghasilkan suatu kualitas produk yang optimal.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan kualitas kekuatan tarik produk baling-baling kapal
2. Menentukan kombinasi level faktor yang tepat untuk meningkatkan kualitas kekuatan tarik produk propeler (baling-baling) kapal kuningan

Manfaat Penelitian

Hasil Penelitian ini akan dapat memberikan kontribusi untuk peningkatan kualitas kekuatan tarik pada proses produksi pengecoran logam produk baling-baling kapal di Industri Kecil Pengecoran Logam Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan yang dilakukan dengan pendekatan Metode *Taguchi*.

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan pengetahuan tentang proses produksi pengecoran logam untuk produk propeller kapal di Industri Kecil Pengecoran Logam Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan yang dilakukan dengan pendekatan Metode *Taguchi*. Sehingga secara khusus dapat memberikan manfaat untuk :

1. Memberikan informasi tentang kombinasi level yang tepat pada proses pengecoran propeller kapal sehingga dapat digunakan oleh pengrajin pengecoran logam untuk meningkatkan dan menjaga kualitas produksinya
2. Menambah wawasan dan pemahaman bagi peneliti dalam merancang dan menganalisa suatu percobaan dengan menggunakan Metode *Taguchi*.

2. METODE PENELITIAN

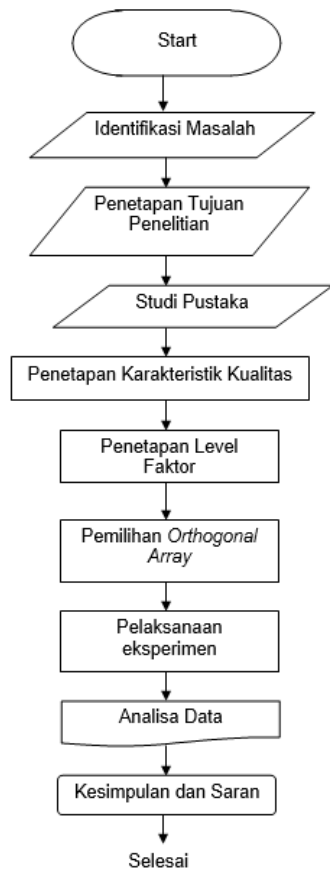
Variabel Penelitian

Variabel yang akan diteliti untuk mengoptimalkan respon secara serentak pada peningkatan kekuatan tarik baling-baling kapal adalah :

1. Variabel respon, yaitu :
Variabel respon adalah berupa sifat mekanik kekuatan tarik, dimana variabel ini adalah yang sangat menentukan kekuatan dari baling-baling ini terhadap efek dinamis gaya-gaya yang bekerja saat dioperasikan pada putaran tinggi.
2. Variabel bebas, yaitu :
 - a. Temperatur Peleburan (940°C, 950°C, & 970°C).
 - b. Temperatur Cetakan (dipanaskan sampai dengan 60°C, 348°C & 530°C).
 - c. Bahan Tambah (Tidak dengan bahan tambah & Bahan tambah timah
 - a. seng sebanyak (5% & 10%).
 - d. Tinggi Ladel (Sentuh).

- e. Penanganan Material (Tidak dibersihkan & dibersihkan).
- f. Ukuran Material (Ukuran besar (real) & dipotong kecil-kecil).

Diagram Alir



Gambar 1 Diagram alir

Langkah-langkah serta identifikasi data variabel serta percobaan

1. Identifikasi Masalah
Tahapan ini merupakan tahap awal dimulainya suatu penelitian, yaitu dengan melakukan penelaahan terhadap objek yang diteliti guna mencari dan menentukan permasalahan yang muncul, kemudian ditetapkan metode yang sesuai untuk memecahkan masalah dalam peningkatan kualitas kekuatan tarik produk baling-baling kapal industri kecil pengecoran logam Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan
2. Studi Kepustakaan
Pada tahap studi kepustakaan dilakukan pengumpulan informasi-informasi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilaksanakan, baik dari buku panduan, literatur, artikel, jurnal, karya tulis maupun

tulisan-tulisan lain yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas. Dari studi kepustakaan ini akan didapatkan teori maupun metode yang tepat untuk digunakan sebagai kerangka berpikir dalam memecahkan permasalahan serta literatur mengenai objek penelitian menyangkut kualitas serta faktor-faktor yang mempengaruhi pada proses pengecoran kuningan

3. Penetapan Karakteristik Kualitas
Setelah diketahui permasalahan yang dihadapi serta dari studi-studi yang telah dilakukan diatas dapat dirumuskan karakteristik kualitas yang diterapkan dalam penelitian ini. Penetapan karakteristik kualitas yang tepat sangat diperlukan supaya hasil eksperimen dapat diterapkan dalam kondisi nyata.

Dari hasil pengamatan serta informasi yang diperoleh selama ini diketahui bahwa karakteristik kualitas yang merupakan variabel terikat dari proses produksi baling-baling kapal dengan bahan baku kuningan rongsokan ini adalah kekuatan tarik.

4. Penetapan Level Faktor
Faktor-faktor utama yang berpengaruh tersebut diatas kemudian ditetapkan jumlah dan jenis levelnya. Penetapan levelnya dilakukan dengan mempertimbangkan titik-titik level yang memungkinkan munculnya nilai ekstrim namun masih dapat ditangani oleh teknologi yang ada dilapangan

5. Pemilihan *Orthogonal Array*
Setelah diketahui jumlah faktor yang berpengaruh beserta levelnya. Berikutnya adalah menyiapkan model desain eksperimen, dimana dalam hal ini menggunakan metode perancangan *Taguchi* yang menempatkan faktor-faktor beserta levelnya ke dalam *Orthogonal Array*. Penentuan jenis *orthogonal array* yang dikehendaki tergantung pada total derajat kebebasan yang dikehendaki.

6. Pelaksanaan Percobaan
Setelah dilakukan pemilihan *Orthogonal Array* dan penempatan faktor beserta levelnya ke dalam array, langkah selanjutnya adalah melakukan eksperimen berdasarkan *Orthogonal Array* tersebut.

Langkah ini terdiri dari persiapan eksperimen, mulai Persiapan peralatan ukur sampai persiapan objek yang akan diteliti, pelaksanaan eksperimen dengan memperhatikan variabel-variabel yang diteliti serta lamanya eksperimen dan pengambilan data eksperimen. Dari eksperimen ini akan ditempatkan semua

data-data informasi yang diperlukan untuk langkah selanjutnya pengolahan data

Pengolahan Data Eksperimen

Pemilihan *Orthogonal Array* berdasarkan pengamatan yang diambil melalui pemilihan faktor kualitas dan level yang sering mempengaruhi kekuatan tarik, maka

Orthogonal Array yang dipakai adalah : $L_9(3^4)$ (Belavendram, N. :90)

Keterangan :

L = *Orthogonal Array*

9 = Jumlah percobaan kombinasi

3 = Jumlah level yang digunakan

4 = Jumlah Faktor yang digunakan

Tabel 1 Tabel Matrik *Orthogonal Array* $L_9(3^4)$

No	Faktor Kualitas dan Level				σ (Fmaks)	σ (Fmaks)	Rata-Rata
	A	B	C	D	Percobaan 1	Percobaan 2	Σ
1.	1	1	1	1			
2.	1	2	2	2			
3.	1	3	3	3			
4.	2	1	2	3			
5.	2	2	3	1			
6.	2	3	1	2			
7.	3	1	3	2			
8.	3	2	1	3			
9.	3	3	2	1			

Keterangan

No	Faktor Kualitas	1	2	3
1	Temperatur peleburan	940°	950°	970°
2	Temperatur cetakan	60°	348°	530°
3	Jenis cetakan	Kuningan	Tanah Liat	Besi
4	Bahan tambah seng	0%	5%	10%

3. LANDASAN TEORI

Logam Kuningan

Kuningan merupakan paduan tembaga dengan seng yang paling banyak digunakan karena harganya tidak mahal, mudah dibentuk dan juga mudah untuk melakukan proses permesinan. Kuningan juga memiliki ketahanan terhadap lingkungan yang korosit.

Sifat kuningan sangat bervariasi, kekuatan dan kekerasan bergantung pada paduan dan proses pekerjaan dingin. Walaupun kuningan memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korosi, ada 2 masalah utama yang harus diperhatikan. Pada paduan kuningan memiliki kadar seng yang sangat tinggi, maka paduan lain yang menyusun kuningan tersebut akan berkurang seiring dengan bertambahnya kadar seng

Surdia (1991) menjelaskan bahwa kuningan adalah paduan antara *Cuprum* (Cu) dan *Zinc* (Zn) . Biasanya kandungan Zn sampai kira-kira 40%. Kekuatan, kekerasan, dan keuletan paduan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar seng. Kadar seng yang lebih dari 40% akan menyebabkan

penurunan kekuatan dan seng juga mudah menguap pada saat dilebur.

Paduan yang merah kekuning-kuningan adalah paduan dengan Zn 40%, sedangkan yang kuning kemerah-merahan adalah paduan dengan Zn 30%. Dalam ketahanan terhadap korosi dan aus, kurang baik dibandingkan dengan Brons.

Paduan yang merah kekuning-kuningan adalah paduan dengan Zn 40%, sedangkan yang kuning kemerah-merahan adalah paduan dengan Zn 30%. Dalam ketahanan terhadap korosi dan aus, kurang baik dibandingkan dengan Brons

Kuningan dengan ukuran butir yang kecil akan lebih ulet dibandingkan dengan kuningan yang memiliki ukuran butir besar. Tetapi butiran besar ini memiliki permukaan yang lebih halus dan memerlukan sedikit proses pemolesan. Campuran besi pada kuningan akan memperkecil butiran dan memudahkan untuk proses *forging*, tetapi sulit untuk melakukan proses permesinan. Penambahan sedikit kadar silikon akan meningkatkan kekuatan, tetapi kadar silikon tinggi akan mengakibatkan kegetasan, dan menyebabkan

reaksi dengan oksigen. Peningkatan nikel akan meningkatkan ketangguhan dan kekuatan logam.

Kuningan memiliki keunggulan kuat, tahan aus, dan tahan korosi. Akan tetapi harga kuningan jauh lebih mahal dari besi cor, baja dan aluminium. Kuningan yang mempunyai komposisi 60% tembaga dan 40% seng akan mempunyai kekuatan tarik 192 Mpa, kekerasan 40 Hb, titik lebur 1040 °C dan berat jenis 8570 Kg/m³. Kuningan ini sering

digunakan pada peralatan yang membutuhkan kekuatan tarik tinggi seperti ; pembuatan peralatan kapal, roda gigi kecil, peralatan industri kimia.

Coran kuningan dipakai untuk bagian-bagian pompa, logam bantalan, bumbung, roda gidi dan sebagainya, dimana tidak dibutuhkan sifat-sifat yang begitu baik. Kuningan dengan kadar *Tin* 1,0-1,5% disebut kuningan kapal (*Naval Brass*) mempunyai ketahanan tinggi terhadap korosi air garam

Tabel 2 Paduan Tembaga (Cu) Utama Tempaan

Paduan	Komposisi Kimia	Sifat Mekanik Setelah Penganilan			Kagunaan
		Kekuatan tarik	Kekuatan Mulur	Perpanjangan (%)	
Kuningan 70-30	70Cu-30Zn	32.6	11.5	60	Emas tiruan
Kuningan 60-40	60Cu-40Zn	37.8	12.0	45	Pemrosesan logam tipis
Kuningan Pemotongan bebas	61.5Cu-3,0Pb-3,5Zn	34.3	12.6	53	Sekrup baut
Kuningan Admiralty	71Cu-28Zn-1.0Sn	32.5	9.4	65	Kondensor
Bronz Fosfor	94.8Cu-5Sn-0.25P	35.0	14.0	58	Roda gigi/pegas
Bronz Mangan	58.5Cu-0.1Sn-39.2Zn-1Fe-0.3Mn	45.5	21.0	35	Poros baling-baling kapal
Bronz Aluminium	95Cu-5Al	36.6	15.4	65	Industri kimia bahan tahan karat
Perak German	65Cu-17Zn	40.7	17.5	40	Perhiasan
Cupronikel	70Cu-30Ni	40.0	17.5	45	Cu putih
Bronz Berilium	98Cu-2Be	48.5	24.6	35	Paduan penuangan, pegas

(Tata Surdia, 1991)

Pengertian Kualitas Menurut Taguchi

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi (1940) yang merupakan metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode *Taguchi* adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena sering itu sering disebut *Robust Design*.

Dalam metode *Taguchi* digunakan matrik yang disebut *orthogonal array* untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen. Menurut Taguchi (1989), ada dua

hal segi umum kualitas yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi pada kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan.

Metode *Taguchi* menggunakan sepe-rangkat matrik khusus yang disebut *Orthogonal Array*. Matrik standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari metode *Orthogonal Array* terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel input untuk masing-masing percobaan

Uji Tarik

Uji tarik adalah pengujian yang diujikan kepada benda uji untuk mengetahui seberapa besar kekuatan benda uji terhadap pembebanan yang akan mengakibatkan benda uji bertambah panjang dan akhirnya putus

1. Tegangan (σ)

Tegangan adalah gaya persatuan luas

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

σ = Tegangan, Nmm⁻²

F = Gaya, (N)

A₀ = Luas penampang, (mm²)

2. Regangan

Perbandingan antara pertambahan panjang ($\Delta L = L_u - L_0$) dengan panjang batang (L_0) disebut regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

(ε) = Regangan, satuan (mm)

ΔL = Pertambahan panjang

L_u = Panjang sesudah patah, (mm)

L_0 = Panjang mula – mula, (mm)

3. Tegangan Modulus Elastisitas (Modulus Young)

Dalam menentukan hubungan antara beban dan regangan, penampang batang harus diketahui, dengan demikian Regangan yang bekerja pada batang dapat ditentukan

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

σ = Tegangan, Nmm⁻²

F = Gaya, (N)

A₀ = Luas penampang, (mm²)

Perbandingan antara Tegangan dan Regangan elastis disebut dengan Modulus Elastisitas (Modulus Young).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

E = Modulus elastisitas, Nmm⁻²

σ = Tegangan tarik elastisitas,

ε = Regangan, (mm)

4. Batas Proporsionalitas dan Batas Elastis

Sampai pada suatu titik yang disebut batas proporsionalitas, Tegangan sebanding dengan regangan maka grafiknya menunjukkan garis lurus. Jika sampai pada batas elastis, Tegangan tidak lagi sebanding lurus dengan regangan. Jika beban

dihilangkan, maka panjang batang akan kembali seperti semula.

5. Yield Point (Batas Lumer)

Jika beban yang bekerja pada batang uji diteruskan sampai diluar batas elastis maka akan terjadi secara tiba-tiba perpanjangan permanen dari suatu batang uji, ini disebut “Yield Point” atau batas lumer. Dimana regangan meningkat sekalipun tidak ada peningkatan tegangan (Hanya terjadi pada baja lunak).

6. Yield Strength / Proof Stress

Untuk beberapa logam paduan non ferro dan baja – baja keras Yield Point sukar dideteksi, begitu pula batas limitnya. Oleh karena itu dinyatakan perpanjangan non-proporsional adalah misalnya 0,2 %.

7. Ultimate Tensile Strength (Tegangan Tarik Maksimum)

Tegangan nominal maksimum yang ditahan oleh batang uji sebelum patah disebut Tegangan tarik yaitu perbandingan antara beban maksimum yang dicapai selama percobaan tarik dan penampang mula-mula, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_{t \text{ maks}} = \frac{F_{\text{maks}}}{A_0}$$

σ_t = Tegangan Tarik, Nmm⁻²

F_t = Beban maksimum, (N)

A₀ = Penampang batang mula – mula, (mm²)

8. Pengecilan Penampang (Kontraksi)

Pada saat benda uji putus, luas penampang benda uji menjadi putus. Hal ini sering disebut dengan penurunan gaya tarik, besarnya pengecilan penampang atau yang dikenal dengan kontraksi, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Z = \frac{A_0 - A_u}{A_0} \times 100\%$$

Z = Pengecilan Penampang, (%)

A₀ = Penampang batang mula-mula, (mm)

A_u = Penampang batang sesudah patah, (mm)

Tinjauan Penelitian Sebelumnya Yang Berhubungan Dengan Metode Taguchi

Özkan Küçük (2006) dalam penelitian “*Aplication of Taguchi Methode in the Optimization of dissolution of Ulexite in NH₄Cl Solutions*” dimana tujuan penelitian untuk menentukan kondisi optimal pada proses ulexite NH₄Cl.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses ulexite NH_4Cl ini adalah temperature reaksi ($^{\circ}\text{C}$), *solid to liquid ratio* (g.mL^{-1}), Konsentrasi NH_4Cl , ukuran partikel, dan waktu reaksi beserta kombinasi dominannya.

Metode pengolahan data menggunakan Metode Taguchi, Orthogonal array dengan $L_{16}(5^4)$, ANOVA, Rasio S/N dilakukan pula eksperimen awal dan eksperimen konfirmasi. Pengolahan data dilaksanakan untuk mendapatkan pengaruh factor dominan terhadap rata-rata dan terhadap variabilitas.

Hasil akhir dari penelitian ini yaitu factor-faktor yang berpengaruh untuk kondisi optimal pada proses ulexite NH_4Cl adalah *Solid to liquid ratio*, temperature reaksi, konsentrasi Amonium chloride, waktu reaksi dan ukuran partikel. Kombinasi factor pada kondisi optimum pada penentuan nilai parameter adalah temperature reaksi 87°C , *Solid to liquid ratio* $0,05 \text{ g.mL}^{-1}$, waktu reaksi 18 menit, Konsentrasi Amonium chloride 4 M dan ukuran partikel $256 \mu\text{m}$.

K. Palaniradja, N. Alagumurthi, V. Soundararajan (2005) dalam researchnya "Optimization of Process Variabel in Gas Carburizing Process; A Taguchi Study with Esperimental Investagation on SAE 8620 and AISI 3310 Steel" dimana tujuan research ini

adalah untuk mendapat factor-faktor pada optimasi peningkatan kualitas kekerasan permukaan dan kedalaman kasus pada logam SAE 8620 dan material baja AISI 3310.

Faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi peningkatan kualitas keke-rasan permukaan dan mikrostruktur logam SAE 8620 dan material baja AISI 3310 adalah *Holding time*, kandungan karbon, *Carburizing temperature* dan *Quenching time*.

Metode pengolahan data menggunakan metode Taguchi, Orthogonal Array $L_9(3^4)$, ANOVA, Rasio S/N, Robust design methode.

Hasil akhir penelitian ini adalah indikasi kombinasi faktor yang mengoptimalkan kondisi proses adalah : Untuk kekerasan permukaan *Holding time* 210 menit, *quenching time* 30 menit, Kandungan karbon 1110-1115 mV, *carborizing temperature* $870-930^{\circ}\text{C}$ dan untuk mikrostruktur, *Holding time* 195-210 menit, *quenching time* 30 menit, kandungan karbon, 1110-1115 mV, *Carburizing temperature* $870-930^{\circ}\text{C}$.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data dan Analisa Hasil Pengujian

Tabel 3. Tabel Gaya Tarik

No	Faktor Kualitas dan Level				Gaya (Fmaks)	Gaya (Fmaks)
	A	B	C	D	Percobaan 1	Percobaan 2
1.	1	1	1	1	8000 N	23500 N
2.	1	2	2	2	4500 N	4500 N
3.	1	3	3	3	9000 N	9000 N
4.	2	1	2	3	14000 N	18000 N
5.	2	2	3	1	13500 N	13500 N
6.	2	3	1	2	16000 N	16100 N
7.	3	1	3	2	15500 N	13700 N
8.	3	2	1	3	15700 N	17000 N
9.	3	3	2	1	14000 N	14400 N

Tabel 4. Matrik Orthogonal Array $L_9(3^4)$ Hasil Analisa

No	Faktor Kualitas dan Level				σ (Fmaks)	σ (Fmaks)	Rata-Rata
	A	B	C	D	Percobaan 1	Percobaan 2	Σ
1.	1	1	1	1	175,05 Nmm^{-2}	514,22 Nmm^{-2}	344,63 Nmm^{-2}
2.	1	2	2	2	98,46 Nmm^{-2}	98,46 Nmm^{-2}	98,46 Nmm^{-2}
3.	1	3	3	3	196,93 Nmm^{-2}	196,93 Nmm^{-2}	196,93 Nmm^{-2}
4.	2	1	2	3	306,34 Nmm^{-2}	393,87 Nmm^{-2}	350,10 Nmm^{-2}
5.	2	2	3	1	295,40 Nmm^{-2}	295,40 Nmm^{-2}	295,40 Nmm^{-2}
6.	2	3	1	2	350,10 Nmm^{-2}	352,29 Nmm^{-2}	351,19 Nmm^{-2}
7.	3	1	3	2	339,16 Nmm^{-2}	299,78 Nmm^{-2}	319,47 Nmm^{-2}
8.	3	2	1	3	343,54 Nmm^{-2}	371,99 Nmm^{-2}	357,76 Nmm^{-2}
9.	3	3	2	1	306,34 Nmm^{-2}	315,09 Nmm^{-2}	310,71 Nmm^{-2}

Keterangan

No	Faktor Kualitas	1	2	3
1	Temperatur peleburan	940°	950°	970°
2	Temperatur cetakan	60°	348°	530°
3	Jenis cetakan	Kuningan	Tanah Liat	Besi
4	Bahan tambah seng	0%	5%	10%

Analisis Statistik

Pengujian ANOVA dengan menggunakan satu faktor yaitu menguji apakah ada perbedaan dalam varian antara berbagai macam perlakuan. Uji ANOVA satu faktor ini juga disebut uji ANOVA desain random keseluruhan. Uji ini menggunakan dasar perlakuan terhadap variabel independen untuk menguji apakah ada perbedaan antara rata-rata dari perlakuan.

Dari data sebagai mana tabel 4 apakah ada perbedaan dalam kekuatan tarik untuk kesembilan kombinasi yang diuji, pengujian dilakukan dengan level kepercayaan 95%.

Hipotesis yang harus dilakukan dan diuji dalam penelitian ini adalah :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 satu atau lebih pasangan dari rata-rata berbeda

Tabel 5. ANOVA

Kombinasi faktor					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	107,500	13	8,269	2,646	,180
Within Groups	12,500	4	3,125		
Total	120,000	17			

Jumlah kuadrat variasi antar group adalah 107,500 dan intergroup adalah 12,500. Hasil perhitungan menunjukkan nilai F hitung sebesar 2,646 dengan nilai signifikansi 0,180.

Dengan hasil tersebut diambil keputusan untuk menerima H_1 karena F hitung lebih besar dari F tabel, dimana F hitung adalah 5,89. Dengan demikian kesimpulan yang didapat adalah bahwa rata-rata kekuatan tarik untuk sembilan kombinasi perlakuan adalah berbeda.

buran : 970°C , Temperatur cetakannya 348°C , Menggunakan bahan tambah timah seng 10% dan Jenis Cetakannya adalah kuningan (permanen).

Saran-saran

Disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah cacat cacat produksi yang dipengaruhi faktor-faktor dalam pengecoran sehingga perlu juga untuk menguji mikrostrukturnya dan juga kekuatan impaknya serta kekuatan bendungnya.

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan kualitas kekuatan tarik produk baling-baling kapal berbahan kuningan, yaitu :
 - a. Temperatur Peleburan (940°C, 950°C, & 970°C).
 - b. Temperatur Cetakan (dipanaskan sampai dengan 60°C, 348°C & 530°C).
 - c. Bahan Tambah (Tidak dengan bahan tambah & Bahan tambah seng sebanyak (5% & 10%).
 - d. Tinggi Ladel (Sentuh).
 - e. Penanganan Material (Tidak dibersihkan & dibersihkan).
 - f. Ukuran Material (Ukuran besar & dipotong kecil-kecil).
2. Dari data hasil perhitungan σ (Maka, dapat disimpulkan bahwa rata-rata kekuatan tarik tertinggi dari 9 kombinasi, 4 faktor dan 3 level yaitu 357,76 N/mm². Adalah percobaan sampel ke-8 dengan kombinasinya yaitu : Temperatur pele-

6. PUSTAKA

1. Belavendram, N. *Quality By Design, Taguchi Tecnics for Industrial Exsperimentation*, First Edition, Prentice Hall, London.
2. Drs. Daryanto. 1997. *Fisika Teknik*. Rineka Cipta dan Bina Adiaksara.Jakarta.
3. Surdia M. S. Met, Ir. Tata. Prof. Dr. Kenji Chijiwa. 1980. *Teknik PengecoranLogam*. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta
4. Dr. Purbayu Budi Santosa dan Ashari 2009, *Analisi Statistik Dengan Microsoft Excel dan SPSS*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
5. Alexander, W, O, et . al, 1991, *Essential Metallurgy for Engineers*, Terjemahan Djaprie S. Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan, PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta
6. Bralla, I, James, G, 1986, *Hand Book of Product Design for Manufacturing*, Mc Graw Hill, New York
7. Douglas C. Montgomere, 1990, *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons Inc, Washington

8. Erver H. S. 1988, *Introduction to Physical Metallurgy*, Second Edition, McGraw Hill, New York
9. Gere, James, M dan Stephen P. Timoshenko, 1986, *Mekanika Bahan*, Erlangga, Jakarta
10. Grant, Eugene L & Leavenworth Richard S, 1989, "*Pengendalian Kualitas Statistik*" Jilid 1 (Terjemahan), Edisi Keanam, Erlangga, Jakarta
11. Heine, Richard, W, 1982, *Principles of Metal Casting*, Second Edition, Mc, Graw Hill, New York.
12. Irwan Soejanto, 2001, *Penentuan Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Kekerasan Blok Rem Karet Api dengan Metode Taguchi*, Surabaya, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
13. Jensein, Alfred dan Harry H. Chenoweth, 1991, *Kekuatan Bahan Terapan*, Erlangga, Jakarta
14. Julianingsih, Debora Anne Yang Aysia dan Donny Soegianto . 2004. Penentuan Komposisi Bahan Baku Optimal Produk Kecap X Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Industri*, 6(2) : 121-133
15. Julianingsih dan Febrina Prasetyo. 2003. Penentuan Kondisi Pengolahan dan Penyediaan Bumbu Rawon Instan Bubuk Dengan Metode Taguchi, *Jurnal Teknik Industri*, 5(2) : 90-100
16. Khoei, A.R, et al, 1999, Design Optimisation of Aluminum Recycling Process Using Taguchi Methode, *2nd International Conference on intelligent Processing and Manufacturing of Material* 513-518
17. Kapakjian, S, 1989, *manufacturing engineering and Technology*, Addison Wesley Publish Company, Massachusetts
18. K  c  k Özkan, 2006, Application of Taguchi Methode in the Optimization of Dissolution of Ulexite in NH₄Cl Solution, *Korean J. Chem Eng*, 23 (1), :21 -27
19. Lawrence, Doyle, E, 1969, *Manufacturing Processes and Material for Engineers*, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey
20. Montgomery, Douglas C, 1991, *Design and Analysis of Experiment*, Third Edition, John Wiley & Sons, New York
21. Nasier Wiedha Setyanto, 2002, *Identifikasi Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Penyulingan Minyak Daun Cengkih Untuk Meningkatkan Hasil Produksi Dengan Pendekatan Metode Taguchi di Kecamatan Dongko Kabupaten Treggalek*, Surabaya, Tesis Program Pasca Sarjana Teknik Industri, Institut Sepuluh Nopember.
22. Palaniradja, K et al, 2005, Optimization of Process Variables in Gas Carburizing Process, A Taguchi Study with Experimental Investigation on SAE 8620 and AISI 3310 Steel, *Turkish J, Eng, Env Sci*, 29 : 279-284
23. Ross, Philip J, 1996, *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, Second Edition, McGraw-Hill, New York
24. Taguchi, Genichi, 1989, *Quality Engineering in Production System*, McGraw Hill Book Company, Singapore

@Portek 2014@